



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

TIAGO SILVA ANDRADE

**USO DA BETAÍNA EM RAÇÕES PARA FÊMEAS SUÍNAS DE PRIMEIRO E
SEGUNDO CICLO REPRODUTIVO**

FORTALEZA

2014

TIAGO SILVA ANDRADE

**USO DA BETAÍNA EM RAÇÕES PARA FÊMEAS SUÍNAS DE PRIMEIRO E
SEGUNDO CICLO REPRODUTIVO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- A571u Andrade, Tiago Silva.
 Uso da betaina em rações para fêmeas suínas de primeiro e segundo ciclo reprodutivo / Tiago Silva
 Andrade. – 2014.
 49 f. : il., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
 Departamento de Zootecnia, Mestrado em Zootecnia, Fortaleza, 2014.
 Área de Concentração: Produção e Melhoramento Animal.
 Orientação: Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe.
1. Suíno - Criação. 2. Suíno - Alimentação e rações. 3. Lactação. I. Título.

CDD 636.08

TIAGO SILVA ANDRADE

**USO DA BETAÍNA EM RAÇÕES PARA FÊMEAS SUÍNAS DE PRIMEIRO E
SEGUNDO CICLO REPRODUTIVO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal.

Aprovada em: 28/03/2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Luiz Euquerio de Carvalho (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. José Náilton Bezerra Evangelista (Conselheiro)
Universidade Estadual do Ceará - UECE

A meu pai, José Moreira de Andrade, por ter me ensinado a trilhar o caminho do bem. À minha mãe, Oscarina Maria Silva Andrade, pelo exemplo de vida, esforço e dedicação e a minha esposa Zaamarah por ter sido minha base nos momentos difíceis dessa caminhada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado a coragem e força para vencer mais este obstáculo em minha vida.

À Universidade Federal do Ceará e ao curso de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade e aprendizado adquirido.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe, pela orientação, confiança, ensinamentos, ajudando a aprimorar a base do meu saber.

Ao Prof. Dr. José Nailton Bezerra Evangelista, pelos ensinamentos, amizade e conselhos desde os tempos de graduação.

Ao Prof. Dr. Luiz Euquerio de Carvalho, pelos conselhos e atenção sempre a mim prestados.

À minha mãe Oscarina que sempre me incentivou a trilhar pelo caminho do estudo e pelo caráter que hoje tenho.

Ao meu pai Moreira que sempre foi minha fonte de inspiração de como ser ético, profissional e honesto, além de me mostrar que para vencer na vida é preciso responsabilidade e esforço pessoal.

Aos meus irmãos Fabio, Daniel e Gabriel que por muitas vezes foram meus conselheiros e amigos, sempre me ajudando quando requisitados.

Aos grandes amigos que esta universidade me deu, Renan Saraiva Martins da Silva, Davyd Herik Souza, Lucas dos Santos e Lina Raquel.

Aos estudantes de graduação de Veterinária Amanda e Caio pela ajuda no trabalho.

A granja Xerez e ao Reginaldo Gianotto por ter dado todo apoio ao experimento.

Ao funcionários da granja Xerez, Carlos, Renato, Osvanildo, Sebastião, Marciano e Jair que me auxiliaram em todo trabalho.

Ao José Manuel de La Fuente e ao Maurício Cunha por ter doado a Betaína para que fosse possível realizar todo esse trabalho.

E por ultimo e o mais importante agradecimento a minha esposa Zaamarah que me deu forças quando as mesmas já estavam se esgotando, que me aconselhou quando precisava e que rezava por mim para aguentar as noites em claro.

“A coisa mais indispensável a um homem é reconhecer o uso que deve fazer do seu próprio conhecimento.”

Platão

USO DA BETAÍNA EM RAÇÕES PARA FÊMEAS SUÍNAS DE PRIMEIRO E SEGUNDO CICLO REPRODUTIVO

RESUMO

Objetivou-se avaliar a suplementação de betaína na ração no terço final de gestação e na lactação, quanto ao desempenho reprodutivo e composição do leite de fêmeas suínas de primeira e segunda ordem de parto. Foram utilizadas 72 matrizes suínas, sendo 36 de primeiro ciclo ($171,77 \pm 7,54$ kg) e 36 de segundo ciclo ($203,17 \pm 13,31$ kg) distribuídas em um delineamento em blocos ao acaso, em um esquema fatorial 2×3 , sendo dois ciclos reprodutivos e três rações (R0: ração controle; R1: ração contendo betaína substituindo em 50% a metionina; R2: ração controle com suplementação de betaína). O peso ao parto e peso ao desmame diferiram significativamente em função da ordem do parto, mas não em decorrência das rações. A espessura de toucinho ao parto, espessura de toucinho ao desmame e consumo de ração não diferiram significativamente. Já para o intervalo desmame-cio houve diferença em função da ração, o qual foi maior para a R1. Não foi observado diferenças significativas para as variáveis nascidos totais, nascidos vivos, natimortos, mumificados, mortalidade ao desmame e desmamados. O peso médio de nascimento do leitão diferiu significativamente em função da ordem do parto, mas não em decorrência das rações. Fêmeas em segundo parto desmamaram leitegadas com maior peso ao desmame em relação a fêmeas de primeiro parto. A proteína total e os triglicérides do leite nos diferentes estágios de lactação não diferiram significativamente em relação ao grupo controle e os grupos suplementados com betaína. As rações não influenciaram significativamente os valores médios do perfil de ácidos graxos do leite de porcas de primeiro e segundo ciclo de reprodução. As rações não influenciaram nenhuma das variáveis econômicas avaliadas. A suplementação com betaína na ração no terço final de gestação e na lactação não influenciou os parâmetros reprodutivos das porcas, bem como os parâmetros zootécnicos dos leitões. Também não houve influencia sobre a composição do leite nos diferentes estágios de lactação. A substituição da metionina pela betaína prejudicou o desempenho reprodutivo das porcas, visto que ocorreu um aumento do intervalo desmame-cio.

Palavras-chave: gestação, lactação, matrizes suína, suplementação.

BETAINE IN DIETS FOR FEMALE SWINE OF FIRST AND SECOND REPRODUCTIVE CYCLE

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the betaine supplementation in the diet in the final third of gestation and lactation on the reproductive performance and milk composition of sows of first and second order of birth. 72 sows were used, 36 of the first cycle (171.77 ± 7.54 kg) and 36 second cycle (203.17 ± 13.31 kg) distributed in a complete randomized block design in a factorial 2×3 , two reproductive cycles and three rations (R0: control diet; R1: ration containing betaine in replacing methionine 50 %, R2: control diet supplemented with betaine). The weight at birth and weaning weight differed significantly depending on the order of delivery, but not due to the diet. The backfat thickness at calving, backfat thickness at weaning and feed intake did not differ significantly. As for the weaning-to-estrus was no difference in function of the feed, which was greater for R1. No significant differences were observed for total variable births, live births, stillbirths, mummified, mortality at weaning and weaned. The average birth weight of piglets differed significantly depending on the order of delivery, but not due to the diet. Females in the labor weaned piglets with higher weaning weight compared to first parity females. The total protein and triglycerides of milk at different stages of lactation did not differ significantly from the control group and the groups supplemented with betaine. The diets did not significantly influence the mean values of the milk of sows first and second breeding cycle fatty acid profile. The diets did not affect any of the economic variables evaluated. Betaine supplementation in the diet in the final third of gestation and lactation did not affect the reproductive performance of sows, and the performance parameters of piglets. There was also no influence on the composition of milk at different stages of lactation. The substitution of methionine by betaine impaired reproductive performance of sows, since there was an increase in the weaning-to-estrus.

Keywords: pregnancy, lactation, sows, supplementation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição calculada e nutricional das dietas experimentais da fase de pré-lactação.....	36
Tabela 2 -. Composição calculada e nutricional das dietas experimentais da fase lactação.....	37
Tabela 3 - Preço dos insumos das dietas experimentais.....	40
Tabela 4 - Peso ao parto, espessura de toucinho ao parto, peso ao desmame, espessura de toucinho ao desmame, intervalo desmame cio e consumo de ração de porcas de primeiro e segundo ciclo reprodutivo em função das formas de suplementação com betaína na ração.	41
Tabela 5 - Peso médio da leitegada ao nascimento, peso médio do leitão ao nascimento, peso médio da leitegada ao desmame e peso médio do leitão ao desmame de porcas de primeiro e segundo ciclo reprodutivo em função das formas de suplementação com betaína na ração.	42
Tabela 6 – Leitões nascidos totais, nascidos vivos, natimortos, mumificados, mortalidade e desmamados de porcas de primeiro e segundo ciclo reprodutivo em função das formas de suplementação com betaína na ração.....	44
Tabela 7 - Proteína Total (g/dl) do leite nos diferentes estágios de lactação de porcas de 1° e 2° ciclo reprodutivo em função das formas de suplementação com betaína na ração.	44
Tabela 8 - Triglicérides (mg/dl) do leite nos diferentes estágios de lactação de porcas de 1° e 2° ciclo reprodutivo em função das formas de suplementação com betaína na ração.	45
Tabela 9 - Perfil de ácidos graxos do leite de porcas (g/100g) de primeiro e segundo ciclo reprodutivo alimentadas com rações com diferentes formas de suplementação de betaína, em função das semanas de lactação.	46
Tabela 10 - Análise econômica do uso da betaína em rações de porcas de 1° e 2° ciclo reprodutivo.	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Ciclo
CA	Custo da alimentação
CCHSA	Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias
cm	Centímetro
CR	Consumo de ração
CV	Coefficiente de variação
DESM	Desmamados
EM/kg	Energia metabolizável por quilograma
ET	Espessura de toucinho
ETD	Espessura de toucinho ao desmame
ETP	Espessura de toucinho ao parto
g	Gramas
g/100g	Gramas por 100 gramas
g/dl	Gramas por decilitros
g/kg	Gramas por quilograma
GH	Hormônio do crescimento
GMD	Ganho médio diário
IDC	Intervalo desmame - cio
IGF	Fator de crescimento semelhante à insulina
kcal	Quilocalorias
kcal/dia	Quilocalorias por dia
kg	Quilograma
kg/dia	Quilogramas por dia
kg/ton	Quilograma por tonelada
KOH	Hidróxido de potássio
LERA	Laboratório de reprodução animal
LH	Hormônio luteinizante
mcg	Micrograma
mg	Miligramas
mg/dl	Miligramas por decilitros
mg/kg	Miligramas por quilograma
MJ	Megajoule

ml	Mililitro
MM	Mumificados
MORT	Mortalidade
NAT	Natimortos
NS	Não significativo
NT	Nascidos totais
NV	Nascidos vivos
PC	Peso corpóreo
PD	Peso ao desmame
PMD	Peso médio do leitão ao desmame
PMLD	Peso médio da leitegada ao desmame
PMN	Peso médio do leitão ao nascimento
PMNL	Peso médio da leitegada ao nascimento
PP	Peso ao parto
R	Ração
RBP	Receita bruta parcial
RLP	Receita líquida parcial
RxC	Ração versus ciclo
SAS	Statistical Analysis System
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UI	Unidade internacional
USA	United States of America

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grau centígrado
%	Porcentagem
<	Menor que
±	Mais ou menos
*	Significativo a 5% de probabilidade

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS	15
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Nutrição de porcas de reposição	17
2.2 Nutrição no terço final de gestação	18
2.3 Nutrição de porcas em lactação.....	19
2.4 Betaína	21
2.5 Betaína como doadora de grupo metil.....	21
2.6 Betaína como osmoprotetor	22
2.7 Atividade lipoproteica da betaína	23
2.8 Betaína em porcas reprodutoras	24
REFERÊNCIAS	26
CAPÍTULO II.....	31
RESUMO.....	32
ABSTRACT	33
1 INTRODUÇÃO	34
2 MATERIAL E MÉTODOS	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS	49

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura intensiva é uma atividade que visa, fundamentalmente, obter o máximo potencial produtivo e o mínimo custo de produção. Os custos com a alimentação representam cerca de 75% do custo total de produção e as fontes protéicas participam com aproximadamente 25% deste custo. A otimização da utilização da porção protéica da dieta é um dos fatores preponderantes para o sucesso e viabilidade econômica na produção de suínos, uma vez que representa a parte mais onerosa no arraçamento.

Em virtude dos programas de melhoramento genético das empresas serem, primeiramente, focados em características produtivas e reprodutivas, como tamanho da leitegada e ganho de peso diário, características como capacidade uterina, eficiência placentária e nutrição acabam não sendo focadas na mesma proporção, porém, são de extrema importância para uma perfeita harmonia do processo do desenvolvimento embrionário e fetal como um todo, levando a um bom peso do leitão ao nascer.

A fêmea suína quando bem alimentada produz mais leite e de melhor qualidade, e isso se traduz em leitegadas mais pesadas ao desmame e aumento da imunidade da mesma, além de influenciar nos parâmetros reprodutivos do ciclo seguinte como, a diminuição dos dias não-produtivos e da mortalidade embrionária, e aumento da fertilidade e prolificidade. Durante a lactação, busca-se obter o maior número de leitões desmamados, com maior peso possível e com mínima perda da condição corporal das porcas (Evangelista, 1996).

Diante desse padrão de consumo reduzido e da alta demanda nutricional das fêmeas suínas modernas, é necessário o uso de estratégias nutricionais que potencializem o uso energético das rações a fim de que ocorra um aumento na longevidade das porcas. Nesse sentido, por intervir diretamente em reações de transmetilação como doadora de grupos metil, tendo uma importante influência no metabolismo dos lipídios, a betaína pode economizar energia, metionina além de estimular a síntese de carnitina, melhorando a oxidação de ácidos graxos na mitocôndria. Devido à sua estrutura polar, a molécula de betaína protege à célula do estresse hídrico e de perdas de água a nível celular (Eklund *et al.*, 2005).

Na lactação a maioria das porcas está em balanço energético negativo, ou seja, sua perda energética na forma de leite é superior à ingestão de energia através da ração, portanto a betaína pode contribuir de forma efetiva na otimização da disponibilidade de energia na dieta, reduzindo perda de peso da porca e seu estado catabólico, resultando em um maior

desenvolvimento dos folículos ovarianos ao desmame e conseqüentemente um aumento no tamanho da leitegada subseqüente.

Encontra-se na literatura algumas pesquisas que relatam o efeito positivo da betaína sobre o desempenho de suínos em crescimento e terminação (Fernando-Figares *et al.*, 2002; Ribeiro *et al.*, 2011). No entanto, diante da escassez de informações do uso de betaína em fêmeas suínas reprodutoras e seus efeitos sobre o desempenho reprodutivo das mesmas, objetivou-se avaliar a suplementação deste aditivo em rações para porcas de primeiro e segundo ciclo reprodutivo no terço final de gestação e na lactação, sobre o desempenho das fêmeas e dos leitões, composição do leite e avaliação econômica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Nutrição de porcas de reposição

A produtividade da fêmea suína aumentou de forma substancial nos últimos 10 anos. As matrizes atuais são mais precoces e possuem maior peso corporal sendo mais exigentes nutricionalmente. Além disso, apresentam menos reserva corporal de gordura e padrão de consumo de alimento muitas vezes insuficiente para atender a demanda nutricional da fase de lactação, principalmente em condições de estresse calórico, típico nos países tropicais (Fontes *et al.*, 2011).

Alguns estudos mostram que a maioria das primíparas sofre certo nível de catabolismo lactacional e, mesmo na ausência de restrição alimentar imposta e comendo uma quantidade de ração à vontade, pode acontecer perda de peso corporal e de espessura de toucinho (ET) (Pluske *et al.*, 1998; Zak *et al.*, 1998; Clowes *et al.*, 2003). Além disso, em espécies mamíferas, há um aumento da disponibilidade de glicose para o útero durante a gestação e para as glândulas mamárias durante a lactação à custa de tecido muscular e adiposo, cujo mecanismo é denominado de resistência periférica a insulina. Em porcas, esta resistência inicia durante o terço final da gestação e aumenta durante a lactação (Etienne & Pe're, 2002), dessa forma o catabolismo metabólico pode iniciar já no final do período gestacional.

Fatores que fazem da primeira lactação um possível problema para as primíparas quando comparadas as matrizes de parição mais avançada, são que essas fêmeas, além de possuírem menores reservas corporais e reduzida capacidade de consumo, ainda possuem necessidades nutricionais significativas para o crescimento (Kemp *et al.*, 2004). Esses fatores podem levar a menor porcentagem de fêmeas em estro até 10 dias após o desmame (Baidoo, *et al.*, 1992), menor taxa de ovulação (Zak *et al.*, 1997) e sobrevivência embrionária (Vinsky *et al.*, 2006) e a um aumento do intervalo desmame-cio (IDC) (Zak *et al.*, 1997). Além disso, matrizes que perdem grande quantidade de reservas corporais durante a primeira lactação, sofrem impacto negativo no tamanho da segunda leitegada (Wellen *et al.*, 2007). Esta queda de produtividade entre o primeiro e segundo parto é conhecida como a síndrome do segundo parto (Patterson *et al.*, 2006).

No momento do parto, as primíparas não apresentam a massa corporal esperada para o peso adulto, além disso, apresentam também um baixo volume de reservas energéticas e proteicas (Whittemore, 1996). Clowes *et al.* (2003) observaram que fêmeas com mais

proteína corporal ao parto apresentaram maior desenvolvimento dos folículos ovarianos ao desmame e maior concentração de estrógenos no fluido folicular, o que poderia resultar em maior tamanho de leitegada no segundo parto.

Um programa nutricional para porcas gestantes deve levar em consideração as diferentes fases e fenômenos metabólicos que acontecem na gestação; as diferenças de padrão de crescimento entre as porcas, segundo a ordem de parto e o estado metabólico da matriz após a lactação anterior (Abreu *et al.*, 2005). Todos esses aspectos podem interferir nas exigências nutricionais desses animais e devem ser consideradas para o desenvolvimento de um programa nutricional. Matrizes hiperprolíficas apresentam exigências nutricionais diferenciadas principalmente no terço final de gestação onde ocorre o maior desenvolvimento das glândulas mamárias e dos fetos. A variação crescente no peso fetal durante o final de gestação pode ser devido à limitação das porcas em fornecer nutrientes suficientes através do sangue para o máximo crescimento de todos os fetos (Wu *et al.*, 2006).

2.2 Nutrição no terço final de gestação

A nutrição da fêmea suína é uma área bastante explorada e de constantes desafios no sentido de atender matrizes atualmente mais precoces, mais produtivas e, nutricionalmente mais exigentes. As práticas de alimentação das diferentes categorias de fêmeas, embora tenham objetivos específicos, estão interrelacionadas, o que faz com que o programa de nutrição em uma determinada fase tenha efeitos significativos no desempenho alcançado na fase subsequente (Abreu *et al.*, 2005).

Todas as fases da gestação são importantes quanto à nutrição, sendo necessário adequar os níveis nutricionais para cada uma delas, pois o alimento é fornecido de forma restrita. O não cumprimento destas exigências influencia a taxa de crescimento e desenvolvimento dos fetos no útero e conseqüentemente o peso ao nascimento (Close & Cole, 2001).

Segundo Panzardi *et al.* (2009) os efeitos nutricionais diferem com relação à fase gestacional em que a fêmea se encontra. Com isso temos, teoricamente, que o período de gestação da fêmea suína pode ser dividido em 3 fases: fase inicial da gestação (primeiros 21 dias), que caracteriza-se pela ligação embrio-maternal, início da formação da placenta e anexos fetais, o que exige, portanto, menor necessidade de ganho de peso e reserva energética da fêmea; fase intermediária da gestação (22 a 75 dias), trata-se de uma fase da gestação em que há a recuperação das reservas corporais das fêmeas, mobilizadas na lactação anterior e o

estabelecimento do número de fibras musculares nos fetos e por último a fase final de gestação (76 dias até o parto), a qual a necessidade de ganho e reserva energética torna-se, expressivamente, maior quando comparada aos dois períodos anteriores, uma vez que representa a fase de maior intensidade de crescimento fetal.

O aumento do consumo energético e proteico no terço final de gestação pode aumentar o peso ao nascimento, porém o excesso de energia pode ter como consequência um prejuízo na formação da glândula mamária causando edema mamário e uma redução na produção láctea, especialmente em primíparas (Head & Williams, 1991).

Coffey *et al.* (1994) observaram que fêmeas alimentadas com 1,82 kg/dia (5900 kcal/dia) em relação a fêmeas que receberam 2,27 kg/dia (7400 Kcal/dia) apresentaram leitegadas mais pesadas. De acordo com Panzardi *et al.* (2009) deve-se considerar que o maior fornecimento de energia durante a gestação pode resultar em um menor consumo de ração no período de lactação e que portanto se torna necessária uma integração entre essas duas fases, para que seja alcançado um melhor desempenho reprodutivo das matrizes e também uma maior longevidade das mesmas dentro do plantel reprodutivo.

2.3 Nutrição de porcas em lactação

A lactação é um importante estágio do ciclo reprodutivo da fêmea suína, sendo que seu principal objetivo é atender as necessidades dos leitões lactentes. Durante a lactação, uma matriz produz aproximadamente 7,0 kg de leite/dia. Desta forma, ela produz mais matéria seca em três dias, do que uma porca em 114 dias de gestação. Como resultado disto, as exigências energéticas de uma porca em lactação são consideravelmente maiores do que uma matriz em gestação (Kirkwood & Thacker, 2001, citado por Budiño, 2006). Tais exigências dependem de seu peso, produção e composição de seu leite e das condições ambientais sob as quais estão alojadas e embora a mensuração dessas exigências seja difícil, segundo Aherne & Foxcroft (2000), de 25% a 75% das exigências energéticas das fêmeas lactantes são destinadas à produção de leite, e os 25% restantes, à manutenção.

Noblet *et al.* (1990) sugerem valores de 0,46 (ou 110 kcal) e 0,44 (ou 105 kcal) MJ de EM/kg de peso metabólico ($PC^{0.75}$) para fêmeas suínas na fase de lactação e gestação, respectivamente, demonstrando que a magnitude desta diferença seja de apenas 5%. Já Samuel *et al.* (2007) estimaram a energia de manutenção para fêmeas lactantes em 0,51 (ou 122 kcal) \pm 0,07 (ou 16,73 kcal) MJ de EM/ kg de peso metabólico ($PC^{0.75}$), 10% superior ao valor proposto por Noblet *et al.* (1990).

O baixo consumo de energia na lactação faz com que a matriz mobilize nutrientes de diferentes tecidos corporais, levando a uma perda significativa de peso (Silva, 2010). Essa perda de massa corporal no período de lactação é uma das causas de falhas reprodutivas nos partos subsequentes, pois se essa mobilização for intensa, pode causar uma redução na concentração do hormônio luteinizante (LH) plasmático, e, conseqüentemente aumentar o intervalo desmame-cio (Baidoo & Aherne, 1988, citado por Varley *et al.*, 1996).

O grau de mobilização permitido, entretanto, é maior em função da ordem de parto. De acordo com Clowes *et al.* (2003), porcas em lactação podem suportar perdas de até 9 a 12% de sua massa proteica corporal sem que haja comprometimento do seu desempenho reprodutivo futuro.

Os tecidos do corpo materno (gordura e músculos) são possíveis de avaliação para determinação da condição corporal das porcas, visto que servem como reservatórios de energia e proteína para apoiar as necessidades nutricionais para a produção de leite no período de lactação (Lee, 2007). Tradicionalmente, avalia-se a mobilização de tecido corporal por meio de mensuração da espessura de toucinho no início e no final da lactação, porém para as linhagens atuais, as quais possuem maior reserva muscular, esta prática não parece ser a mais correta, uma vez que a mobilização do tecido muscular tem mais impacto no desempenho reprodutivo pós-desmame do que a mobilização de gordura. Desta forma, o mais adequado seria a aferição do peso dos animais durante a entrada e saída na maternidade (Abreu *et al.*, 2013).

As perdas de peso na lactação exercem um efeito negativo mais significativo sobre o total de leitões nascidos em fêmeas primíparas comparadas com fêmeas pluríparas, quando estas perdas são maiores que 10% (Thaker, 2005). Segundo Pluske *et al.* (1998), mesmo se primíparas estiverem em estado anabólico durante a lactação, mobilizarão energia extra para o crescimento corporal ao invés de aumentar a produção de leite, ao contrário de pluríparas. Portanto, especialmente nas primíparas lactantes, há uma forte ligação entre nutrição e fertilidade subsequente (Clowes, 1994).

Um estudo recente revelou a importância do consumo precoce de ração durante a lactação. Quanto mais cedo após o parto a porca atingir o pico de consumo diário de ração, mais ela irá consumir durante a lactação, e provavelmente ela retorne imediatamente ao estro (Lee, 2007). Segundo Aherne (2004) 5 a 30% das porcas em lactação mostram uma queda acentuada no consumo de ração por 2 ou 3 dias, na segunda semana de lactação, sendo estas variações de consumo de ração associadas com maiores intervalos desmame-estro, redução da taxa de parição e menor tamanho da leitegada subsequente.

Restrição de consumo de ração durante a lactação diminui os níveis de insulina, glicose e IGF-1 em porcas, sendo que a diminuição dos níveis desses compostos está envolvida na redução da atividade ovariana e os pulsos de LH (Tokach *et al.*, 1992). Segundo Kemp *et al.*, (2011) os efeitos da restrição alimentar no intervalo desmame estro são pequenos (menos de um dia), enquanto os efeitos sobre a taxa de ovulação e a sobrevivência embrionária são mais acentuados. A restrição alimentar parece diminuir a taxa de ovulação em cerca de 2 a 4% e a sobrevivência dos embriões em cerca de 10 a até 20%.

A utilização de aditivos é uma alternativa para melhorar o consumo e o aproveitamento proteico e lipídico das rações de fêmeas na fase de lactação. Ramanau *et al.* (2004), ao suplementarem a ração de fêmeas na fase lactacional, com L-carnitina aumentou em 11% o consumo de ração pelas mesmas, com reflexos positivos na produção de leite e no ganho de peso da leitegada.

2.4 Betaína

Betaína é um derivado do aminoácido glicina com três grupos de metil ligados ao átomo de nitrogênio desta molécula e por esta razão, também é conhecida como aminoácido metilado, trimetilglicina, oxineurina ou ainda amina quaternária. A betaína apresenta baixo peso molecular, propriedade não tóxica e estabilidade sob altas temperaturas (200°C), sendo acumulada naturalmente nas células das mais variadas espécies de vegetais e animais expostos à estresses como alta temperatura, salinidade e aridez (Holmström *et al.*, 2000).

Como produto comercial pode ser encontrada na forma natural, obtida através de separação por cromatografia a partir do melaço da betarraba açucareira, pertencente à família *Chenopodiaceae*, onde está presente em altas quantidades, ou na forma sintética como anidros de betaína, betaína monofosfatada ou betaína hidrocloreada (Pereira, 2008).

A betaína é uma molécula com dupla função no metabolismo animal, por ser uma fonte direta de grupos metil, e ainda desempenhar um importante papel na manutenção do equilíbrio osmótico (Fernandez-Figares *et al.*, 2002; Huang *et al.*, 2008).

2.5 Betaína como doadora de grupo metil

Quanto ao seu papel como doadora de grupos metil, em geral, a betaína está relacionada com outras substâncias, tais como a metionina e a colina. No entanto, das três moléculas, a betaína é a mais eficiente como doadora de grupos metil (Arantzamendi *et al.*,

2006). Os grupos metil são necessários nas diversas reações metabólicas, tais como a síntese de metionina, carnitina e creatina (Eklund *et al.*, 2005).

A betaína na dieta funciona como um poupador de metionina e/ou colina nos processos metabólicos, levando a redução dos custos de produção pelos ajustes das quantidades das mesmas utilizadas nas rações. (Partridge *et al.*, 2005). O resultado da transferência do grupo metil é a transformação da betaína (trimetilglicina) para dimetilglicina, que ainda contém dois grupos metil. Estes podem ser quebrados, por oxidação, na forma de fragmentos de carbono. Durante esta reação a dimetilglicina é degradada a sarcosina e, por último, a glicina. Os fragmentos de um carbono da dimetilglicina, bem como de outras fontes, como o ácido fórmico ou grupos carboxila de outros ácidos orgânicos são utilizados para sintetizar novos grupos metil, pela via tetrahidrofolato (Eklund *et al.*, 2005).

2.6 Betaína como osmoprotetor

As propriedades osmoprotetoras que cabem a betaína relacionam-se à sua características bipolar e a alta solubilidade em água, sendo assim classificada como osmolito orgânico que, por definição, é toda substância capaz de afetar o movimento da água, acumulando-a rapidamente em nível intracelular, sem alterar o metabolismo entre a célula e a mitocôndria (Chambers & Kunin, 1985).

A osmorregulação é um mecanismo realizado pela célula para manter sua estrutura, volume e funcionalidade através do movimento de água intra e extracelular. A incapacidade das células de reter água, faz indispensável à presença de osmolito, que em situações de desidratação celular, agem na manutenção de balanço hídrico e iônico minimizando a perda de água durante o gradiente de osmose (Klasing *et al.*, 2002). Parte da energia interna do corpo é disponibilizada para manter o volume de água relativamente constante no interior das células, estimando-se que 30 a 60% da energia de manutenção utilizada dentro dos órgãos viscerais está associada ao mecanismo da bomba ATPase sódio e potássio (McBride & Kelly, 1990 ; Remus, 2001).

A betaína age como uma substância osmoticamente ativa, retendo água no interior das células, auxiliando a função das bombas iônicas e economizando a energia usada no balanço eletrolítico (Moeckel *et al.*, 2002). Como substância osmoticamente ativa, ela pode favorecer a um aumento da proliferação da estrutura intestinal que, por sua vez, pode ter um impacto positivo sobre o estado de saúde animal e digestibilidade dos nutrientes. Dentro de uma perspectiva em que o uso de antibióticos na alimentação será restrito em um futuro

relativamente próximo, haverá um interesse crescente no uso de betaína, como um composto bioativo para melhorar a saúde intestinal de leitões (Eklund *et al.*, 2005).

Uma das principais funções da betaína em plantas e microorganismos é aumentar a resistência osmótica das células submetidas ao estresse causado por seca ou alta salinidade, evitando a perda de água. A betaína, ao contrário de muitos sais, é altamente compatível com enzimas, portanto, grandes concentrações de betaína podem se manter nas células sem efeitos adversos no metabolismo celular. Por outro lado, a betaína estimula a atividade macromolecular, aumentando a temperatura e a tolerância iônica de enzimas e membranas, ou seja, a betaína atua como protetora da função enzimática já que as temperaturas extremas e as concentrações de sais alteram a estrutura das enzimas, causando sua desnaturação (Nash *et al.*, 1982.; Yancey *et al.*, 1982.; Rudolf *et al.*, 1986.; Papageorgin *et al.*, 1990, citados por Eklund *et al.*, 2005).

A propriedade osmótica da betaína pode ser essencial para apoiar a função e crescimento intestinal; além disso, ela protege a flora intestinal contra variações osmóticas e melhora a atividade de fermentação microbiana, que, por sua vez, também contribui para aumentar a digestibilidade dos nutrientes (Ratriyanto *et al.*, 2009).

Resultados de alguns estudos têm demonstrado que animais em crescimento usam uma quantidade surpreendente da energia de manutenção (40 a 50%) para conservar o equilíbrio osmótico no intestino e em outras vísceras (McBride & Kelly, 1990; Remus, 2001). A betaína dietética tem sido responsável por poupar parte desta energia que poderá ser então, usada para o crescimento e deposição de carne magra em suínos que recebem um suprimento adequado de aminoácidos. Assim, ao reduzir a energia de manutenção dos animais através da melhoria da osmoproteção, a betaína poderá ajudar na absorção de nutrientes e contribuir para melhorar o desempenho dos suínos (Partridge, 2005).

2.7 Atividade lipoproteica da betaína

As reações de metilação são de extrema importância no metabolismo de gordura no fígado. Geralmente, as fontes de metil induzem a mobilização de lipídios no fígado, evitando a síndrome do fígado gorduroso. Estudos realizados com ratos mostraram que o consumo de betaína reduz a possibilidade de ocorrência de lipidose hepática, quando estes consumiram dietas hiperlipídicas. Além da capacidade de prevenir o acúmulo de gordura no fígado, a suplementação com betaína proporciona uma melhor distribuição da gordura na carcaça (Arantzamendi, *et al.* 2006).

A betaína é amplamente discutida como um "modificador de carcaça" devido à sua ação lipotrópica e de promoção de crescimento (Eklund *et al.*, 2005). Esta substância tem sido usada como um agente de redução da homocisteína. As altas concentrações plasmáticas dessa molécula são consideradas um fator de risco de enfermidades, como a doença cardíaca coronariana e aterosclerose (Martins *et al.*, 2010).

A betaína estimula a mobilização de lipídios do fígado e influi sobre os níveis de lipoproteínas no sangue, melhorando as funções do órgão, local da homeostase no organismo. Também estimula a síntese de carnitina, melhorando a oxidação de ácidos graxos na mitocôndria, reduzindo o acúmulo de gordura nos tecidos. De fato, a betaína reduz e/ou redistribui a gordura da carcaça em numerosas espécies animais, com consequente melhora no rendimento de carcaça (Eklund *et al.*, 2005). A carnitina tem função fundamental na geração de energia pela célula, pois age nas reações de transferências de ácidos graxos livres do citosol para mitocôndria, facilitando sua oxidação e geração de adenosina trifosfato (Coelho *et al.*, 2005).

No estudo de Huang *et al.* (2008) com suínos na fase de terminação, o qual foi adicionado 1250 mg/kg de betaína na dieta, observaram um aumento de 5,5% no ganho de peso e melhora nas características de carcaças. Não foi observado diferença no consumo de ração e de conversão alimentar. A área de olho de lombo e a proporção de carne magra foram aumentadas pela suplementação de betaína. A redução da deposição de gordura na carcaça ocorrendo em suínos alimentados com betaína pode resultar de uma diminuição na taxa de lipogênese no tecido adiposo, em consequência de uma redução na atividade e expressão gênica de enzimas lipogênicas.

Ribeiro *et al.* (2011), avaliaram os benefícios da suplementação de betaína na ração sobre o crescimento e características de carcaça na fase de terminação, evidenciando o seu efeito sobre a diminuição da gordura da carcaça. O mesmo efeito foi observado por Sales (2011) em suínos, na fase de abate.

2.8 Betaína em porcas reprodutoras

Pimentel *et al.* (2009) evidenciaram os efeitos benéficos da suplementação de betaína em fêmeas suínas no período de lactação, observando que aquelas alimentadas com ração que continha o aditivo na proporção de 2 kg/ton, apresentaram uma redução do intervalo desmame-cio, reduzindo os dias não produtivos, e produziram leitões mais pesados ao desmame.

Ramis *et al.* (2011) não observaram diferenças significativas entre o grupo alimentado com 2 kg de betaína por tonelada de ração e o grupo controle, em relação à perda de peso corporal e perda de toucinho em porcas durante a lactação, embora o consumo médio diário de ração tenha sido menor no grupo tratado. A perda de gordura subcutânea durante a lactação, aparentemente, não influenciou o desempenho da parição posterior. De acordo com os mesmos autores a redução do consumo médio diário de ração no parto posterior no grupo com betaína sugere um melhor uso da energia e dos recursos mobilizados durante a lactação, ou, possivelmente, um uso mais eficiente de recursos alimentares nutricionais.

Em relação aos efeitos deste aditivo sobre os parâmetros reprodutivos, Ramis *et al.* (2011) notaram que fêmeas arraçadas com dieta contendo betaína apresentaram um maior número de leitões nascidos vivos e desmamados no parto subsequente, afirmando que o estado metabólico da porca durante a lactação influencia a maturação folicular após o desmame e é um determinante crítico da fertilidade subsequente. Segundo estes autores, uma maior disponibilidade de energia durante a lactação pode melhorar o desenvolvimento folicular, resultando em um maior número de oócitos presentes na ovulação, observando que o número de leitões nascidos correlacionou-se negativamente com a perda de peso da fêmea na lactação anterior e que o intervalo desmame-cio foi menor no grupo alimentado com ração contendo betaína (4,7 dias versus 5,7 dias) em relação aos animais do grupo controle.

Já em relação ao desempenho dos leitões, Ramis *et al.* (2011) observaram que aqueles oriundos de porcas alimentadas com betaína apresentaram ganho médio diário (GMD) durante a lactação de 200 g, enquanto no grupo controle o GMD foi de 183,5 g. O peso da leitegada aos 18 dias de idade foi maior nas leitegadas de porcas e marrãs alimentadas com ração contendo o aditivo, afirmando que a produção de leite foi maior no grupo de betaína, já que as análises qualitativas do colostro e do leite não diferiram entre os grupos. No entanto, deve-se também levar em conta que o conteúdo de betaína no leite foi maior no grupo de porcas tratadas do que nos controles.

Van Wettere *et al.* (2012) observaram que fêmeas gestantes suplementadas com betaína obtiveram uma melhora no tamanho da leitegada, tanto nascidos vivos como nascidos totais. No mesmo trabalho fêmeas gestantes alimentadas com ração contendo betaína obtiveram peso de leitegada ao nascimento superiores em comparação com fêmeas não suplementadas. Segundo Huang *et al.* (2007), o aumento do peso da leitegada ao nascimento se deve ao fato que a betaína pode aumentar os níveis basais do hormônio de crescimento (GH), o qual atua na melhoria da transferência de nutrientes via placenta para os fetos (Rehfeldt *et al.*, 2001; Gatford *et al.*, 2009).

REFERÊNCIAS

- ABREU M.L.T., DONZELE J.L. & OLIVEIRA R.F.M. **Exigências e manejo nutricionais de matrizes suínas gestantes e lactantes**. In: Anais do IV Seminário Internacional de Aves e Suínos, Florianópolis, Brasil, p. 33-59, 2005.
- ABREU, M.L.T.; SARAIVA, A.; LANFERDINI, E.; FONSECA, L.S.; MOREIRA, R.H.R. Atualizando a nutrição de porcas hiperprolíficas. In: Simpósio Brasil Sul de Suinocultura. Chapecó-SC. Anais do XI Simpósio Brasil Sul de Suinocultura e V Brasil Sul Pig Fair. – Concórdia, SC : Embrapa Suínos e Aves. p.70-92, 2013.
- AHERNE, F. AND FOXCROFT, G. Manejo da leitoa e da porca primípara: parte V. manejo nutricional na gestação e lactação. In: Simpósio Internacional de Reprodução e Inseminação Artificial em Suínos. Foz do Iguaçu, PR. Anais... Foz do Iguaçu. p. 145-165. 2000.
- AHERNE, F.X. **Feeding Strategies For Lactating Sows**. In: National Hog-Farmer. September 15, 2004. Acesso: 08/02/2014 <http://nationalhogfarmer.com/mag/farming_feeding_strategies_lactating>.
- ARANTZAMENDI, L.; DURÁN, R; BLANCH, A. Producción lechera y rendimiento productivo en pequeños ruminantes: Betaína, mecanismos de acción. **Revista Albeitar**, Zaragoza, v. 97, p.54-55, 2006.
- BUDIÑO, F.E.L. **Considerações sobre nutrição de porcas nas fases de gestação e lactação**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/Suinos/index.htm>. Acesso em: 8/2/2014.
- CHAMBERS, S.T.; KUNIN, C.M. The osmoprotective proprieties of urine for bacteria: the protective effect of betaína and human urine against low pH and high concentrations of electrolytes, sugars and urea. **Journal of Infectious Diseases**, Chicago, v. 152, p. 1308-1316, 1985.
- CLOSE W.H.; COLE D.J.A. Nutrition of sows and boars. 1.ed. Nottingham: Nottingham University Press, p.377, 2001.
- CLOWES E.J., AHERNE F.X. & FOXCROFT G.R. Effect of delayed breeding on the endocrinology and fecundity of sows. **Journal of Animal Science**, v.72, p. 283- 291, 1994.
- CLOWES E.J., AHERNE F.X., SCHAEFER A.L., FOXCROFT G.R. & BARACOS V.E. Parturition body size and body protein loss during lactation influence performance during lactation and ovarian function at weaning in first-parity sows. **Journal of Animal Science**. v. 81, p. 1517-1528, 2003.
- COELHO, C. F; MOTA, J. F.; BRAGANÇA, E.; BURINI, R. C. Aplicações clínicas da suplementação de L-carnitina. **Revista de nutrição da PUCCAMP**, v. 18, p. 651-659,2005.
- COFFEY M.T., DIGGS B.G., HANDLIN D.L., KNABE D.A., MAXWELL C.V., NOLAND JÚNIOR P.R., PRINCE T.J. & GROMWELL G.I. Effects of dietary energy during gestation

and lactation on reproductive performance of sows: a cooperative study. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 4-9, 1994.

EKLUND, M.; BAUER, E.; WAMATU, J.; MOSENTHIN, R. Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. **Nutrition Research Reviews**, v. 18, p. 31–48, 2005.

EVANGELISTA, J. N. B. Produccion de leche de cerdas cruzadas y crecimiento y mortalidad de lechones durante la lactacion: analisis de algunos factores de variacion. 1996. 214 p. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1996.

ETIENNE M. & PE‘RE M.C. Evolution de la sensibilité a l’insuline au cours du cycle de reproduction chez la truie. **Journées de La Recherche Porcine**, v. 34, p. 295-301, 2002.

FERNANDEZ-FIGARES, I.; WRAY-CAHEN, D.; STEELE, N. C.; CAMPBELL, R. G.; HALL, D. D.; VIRTANEN, E.; CAPERNA, T. J. Effect of dietary betaine on nutrient utilization and partitioning in the young growing feed-restricted pig. **Journal of Animal Science**, v. 80, p.421–428, 2002.

FONTES, D. O.; SOUZA, L. P. O.; FERNANDES, I. S.; **Novos enfoques na nutrição de reprodutoras no terço final de gestação**. In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos – ABRAVES, Fortaleza, Brasil, 2011.

GATFORD, K.L.; DE BLASIO, M.J.; ROBERTS, C.T. et al. Responses to maternal GH or ractopamine during early-mid pregnancy are similar in primiparous and multiparous pregnant pigs. **Journal of Endocrinology**, v. 203, p.143–154, 2009.

HEAD R.H. & WILLIAMS I.H. Mammogenesis is influenced by pregnancy nutrition. In: Batterham E.S. (Ed). III Manipulating Pig Production. Qttword: Australasian Pig Science Association, p.76, 1991.

HOLMSTRÖM, K. O.; SOMERSALO, S.; MANDAL, A.; PALVA, T. E.; WELIN, B. Improved tolerance to salinity and low temperature in transgenic tobacco producing glycine betaina. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 51, p.177-185, 2000.

HUANG, Q.C.; XU, Z.R.; HAN, X.Y.; LI, W.F. Effect of betaine on growth hormone pulsatile secretion and serum metabolites in finishing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 91, p.85–90, 2007.

HUANG, Q-C.; XU, Z.R., HAN, X.Y., LI, W.F. Effect of dietary betaine supplementation on lipogenic enzyme activities and fatty acid synthase mRNA expression in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.140, p. 365–375, 2008.

KEMP B. & SOEDE N.M. **Reproductive problems in primiparous sows**. In: Proceedings of the 18th International Pig Veterinary Society Congress, Hamburg, Germany, p. 843-848, 2004.

KEMP, B.; WIENTJES, J. G. M.; LEEUWEN, J. J. J. V.; HOVING, L. L.; SOEDE, N. M. Nutrition and management during lactation : effects on future parity productivity. **Farming is my life**, p. 85-98, 2011.

KLASING, K. C.; ADLER, K. L.; REMUS, J. C.; CALVERT, C.C. Dietary betaine increases intraepithelial lymphocytes. **Journal of Nutrition, Bethesda**, v. 132, p. 2274-2282, 2002.

LEE, ELLIE. "Health, Morality, and Infant Feeding: British Mothers' Experiences of Formula Use in the Early Weeks." **Sociology of Health and Illness**, v. 29, p. 107-1090, 2007.

MARTINS, J. M.; NEVES, J. A.; FREITAS, A.; TIRAPICOS, J. L.. Betaine supplementation affects the cholesterol but not the lipid profile of pigs. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.112, p. 295–303, 2010.

McBRIDE, B.W.; KELLY, J.M. Energy cost of absorption and metabolism in the ruminant portal-drained viscera and liver: a review. **Journal of Animal Science, Albany**, v. 68, p. 2997-3010, 1990.

MOECKEL, G. W.; SHADMAN R, FOGEL JM, SADRZADEH SMH. Organic osmolytes betaine, sorbitol and inositol are potent inhibitors of erythrocyte membrane ATPases. **Life Sciences**; v. 71, p.2413–2424, 2002.

NOBLET, J.; DOURMAD, J.Y. AND ETIENNE, M. Energy utilization in pregnant and lactating sows: modeling of energy requirements. **Journal Animal Science.**, v. 68, p.562-572, 1990.

PANZARDI, A.; MARQUES, B.M.F.P.; HEIM, G.; BORTOLOZZO, F.P.; WENTZ, I. Fatores que influenciam o peso do leitão ao nascimento. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 37 (supl 1), p. 49-60, 2009.

PARTRIDGE, G.; ANDRADE, E. R.; DURAN, R. G. R. Papel da betaina en los piensos sin promotores de crecimiento. **Revista Ganaderia**. Julio 2005. Fedna. 2005.

PATTERSON J., ZIMMERMAN P., DYCK M. & FOXCROFT G. Effect of skip-a-heat breeding on subsequent reproductive performance in 1st parity sows. **Advances in Pork Production**. v. 17, Abstract 24, 2006.

PEREIRA, P. W.Z. **Avaliação de complexo enzimático e betaina natural nas rações de frango de corte criados em aviário comercial**. 2008. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2008.

PIMENTEL, M. S.; COSTA, G.M.; MARTINS, L.A.O; ANDRADE, T.S.; COSTA, R.B.; RONDINA, D.; EVANGELISTA, J.N.B. Efeito da suplementação de betaina sobre o intervalo desmame cio. . In: CONGRESSO DA ABRAVES, 14, 2009, Uberlândia, MG. **Anais...**Uberlândia: ABRAVES, 2009. 548-549p.

PLUSKE J.R., WILLIAMS I.H., ZAK L.J., CLOWES E.J., CEGIELSKI A.C. & AHERNE F.X. Feeding lactating primiparous sows to establish three divergent metabolic states: III. Milk production and pig growth. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 1165 1171, 1998.

RAMANAU, A.; KLUGE, H.; SPIKE, J.; EDER, K. Suplementation of sows with L-carnitina during pregnancy and lactation improves growth of the piglets during suckling period through increased milk production. **Journal Nutricion**, v.134, p.86-92, 2004.

RAMIS, G.; EVANGELISTA, J. N. B.; QUEREDA, J. J. et al. Use of betaine in gilts and sows during lactation: effects on milk quality, reproductive parameters, and piglet performance. **Journal of Swine Health and Production**. 2011; 19 (4): 226 – 232.

RATRIYANTO, A.; MOSENTHIN, R.; BAUER, E.; EKLUND, M. Metabolic, Osmoregulatory and Nutritional Functions of Betaine in Monogastric Animals. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 22, n. 10, p. 1461 – 1476, 2009.

REHFELDT, C., KUHN, G., NURNBERG, G. et al. Effects of exogenous somatotropin during early gestation on maternal performance, fetal growth, and compositional traits in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1789–1799, 2001.

REMUS, J.C. Betaine for increased breast meat yield in turkeys. **International Poultry Production**, Surrey, v. 9, n. 2, p. 22-23, 2001.

RIBEIRO, P. R.; KRONKA, R.N.; THOMAZ, M.C.; HANNAS, M.I.; TUCCI, F.M.; SCANDOLERA, A.J.; BUDIÑO, F.E.L. Diferentes níveis de betaína sobre incidência de diarreia, desempenho, características de carcaça e parâmetros sanguíneos de suínos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 48, n. 4, p. 299-306, 2011.

SALES, J. A meta-analysis of the effects of dietary betaine supplementation on finishing performance and carcass characteristics of pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 165, p.68–78, 2011.

SAMUEL, R.S.; S. MOEHN; PENCHARZ, P.B.; BALL, R.O.. Estimates of energy requirements during gestation and lactation in sows. **Advances in Pork Production**. v.18, A9, 2007.

SILVA, B. A. N. Nutrição de fêmeas de alta performance reprodutiva nos trópicos. **Revista Suíno & Cia**, Campinas, v. 37, p. 10-35, 2010.

THAKER, H.M. The partly molar pregnancy that is not a partial mole. **Pediatr Dev Pathol**. V. 8, p. 146-147, 2005.

TOKACH, M. D., J. E. PETTIGREW, B. A. CROOKER, G. D. DIAL, AND A. E. SOWER. Quantitative influence of lysine and energy intake on yield of milk components in the primiparous sow. **Journal of Animal Science**. V. 70, p. 1864, 1992.

VAN WETTERE W.H.E.J.; HERDE P.; HUGHES, P.E. Supplementing sow gestation diets with betaine during summer increases litter size of sows with greater numbers of parities. **Animal Reproduction Science**, v.132, p. 44-49, 2012.

VARLEY, M.A.; PRIME, G.R.; SYMONDS, H.W.; FOXCRFT, G.R. Influence of food intake on plasma LH concentration in primiparous sows. **Animal Reproduction Science**, v.41, p.245-253, 1996.

VINSKY M.D., NOVAK S., DIXON W.T., DYCK M.K. & FOXCROFT G.R. Nutritional restriction in lactating primiparous sows selectively affects female embryo survival and overall litter development. **Reproduction, Fertility and Development**. v.18, p. 347-355, 2006.

WELLEN A., PATTERSON J., ZIMMERMAN P., DYCK M. & FOXCROFT G. Effect of "Skip-a-Heat" breeding on reproductive performance of weaned first parity sows. **Journal of Animal Science**. v. 85(Suppl2) p. 96, 2007.

WHITTEMORE C.T. Nutrition reproduction interactions in primiparous sows. **Livestock Production Science**. v.46, p. 65-83, 1996.

WU G., BAZER F.W., WALLACE J.M.; SPENCER T.E. Board-invited review: intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. **Journal of Animal Science**. v. 84, p.2316-2337, 2006.

ZAK L.J., WILLIAMS I.H., FOXCROFT G.R., PLUSKE J.R., CEGIELSKI A.C., CLOWES E.J. & AHERNE F.X. Feeding lactating primiparous sows to establish three divergent metabolic states: I. Associated endocrine changes and postweaning reproductive performance. **Journal of Animal Science**. v. 76, p. 1145-1153, 1998.

ZAK L.J., XU X., HARDIN R.T., FOXCROFT G.R. Impact of different patterns of feed intake during lactation in the primiparous sow on follicular development and oocyte maturation. **Journal of Reproduction and Fertility**. v.110, p. 99-106, 1997.

CAPÍTULO II
USO DA BETAÍNA EM RAÇÕES PARA FÊMEAS SUÍNAS DE PRIMEIRO E
SEGUNDO CICLO REPRODUTIVO

CAPÍTULO II – USO DA BETAÍNA EM RAÇÕES PARA FÊMEAS SUÍNAS DE PRIMEIRO E SEGUNDO CICLO REPRODUTIVO

RESUMO

Objetivou-se avaliar a suplementação de betaína na ração no terço final de gestação e na lactação, quanto ao desempenho reprodutivo e composição do leite de fêmeas suínas de primeira e segunda ordem de parto. Foram utilizadas 72 matrizes suínas, sendo 36 de primeiro ciclo ($171,77 \pm 7,54$ kg) e 36 de segundo ciclo ($203,17 \pm 13,31$ kg) distribuídas em um delineamento em blocos ao acaso, em um esquema fatorial 2×3 , sendo dois ciclos reprodutivos e três rações (R0: ração controle; R1: ração contendo betaína substituindo em 50% a metionina; R2: ração controle com suplementação de betaína). O peso ao parto e peso ao desmame diferiram significativamente em função da ordem do parto, mas não em decorrência das rações. A espessura de toucinho ao parto, espessura de toucinho ao desmame e consumo de ração não diferiram significativamente. Já para o intervalo desmame-cio houve diferença em função da ração, o qual foi maior para a R1. Não foi observado diferenças significativas para as variáveis nascidos totais, nascidos vivos, natimortos, mumificados, mortalidade ao desmame e desmamados. O peso médio de nascimento do leitão diferiu significativamente em função da ordem do parto, mas não em decorrência das rações. Fêmeas em segundo parto desmamaram leitegadas com maior peso ao desmame em relação a fêmeas de primeiro parto. A Proteína total e os triglicérides do leite nos diferentes estágios de lactação não diferiram significativamente em relação ao grupo controle e os grupos suplementados com betaína. As rações não influenciaram significativamente os valores médios do perfil de ácidos graxos do leite de porcas de primeiro e segundo ciclo de reprodução. As rações não influenciaram nenhuma das variáveis econômicas avaliadas. A suplementação com betaína na ração no terço final de gestação e na lactação não influenciou os parâmetros reprodutivos das porcas, bem como os parâmetros zootécnicos dos leitões. Também não houve influencia sobre a composição do leite nos diferentes estágios de lactação. A substituição da metionina pela betaína prejudicou o desempenho reprodutivo das porcas, visto que ocorreu um aumento do intervalo desmame-cio.

Palavras-chave: gestação, lactação, matrizes suína, suplementação.

CHAPTER II - BETAINE IN DIETS FOR FEMALE SWINE OF FIRST AND SECOND REPRODUCTIVE CYCLE

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the betaine supplementation in the diet in the final third of gestation and lactation on the reproductive performance and milk composition of sows of first and second order of birth. 72 sows were used, 36 of the first cycle (171.77 ± 7.54 kg) and 36 second cycle (203.17 ± 13.31 kg) distributed in a complete randomized block design in a factorial 2×3 , two reproductive cycles and three rations (R0: control diet; R1: ration containing betaine in replacing methionine 50 %, R2: control diet supplemented with betaine). The weight at birth and weaning weight differed significantly depending on the order of delivery, but not due to the diet. The backfat thickness at calving, backfat thickness at weaning and feed intake did not differ significantly. As for the weaning-to-estrus was no difference in function of the feed, which was greater for R1. No significant differences were observed for total variable births, live births, stillbirths, mummified, mortality at weaning and weaned. The average birth weight of piglets differed significantly depending on the order of delivery, but not due to the diet. Females in the labor weaned piglets with higher weaning weight compared to first parity females. The total protein and triglycerides of milk at different stages of lactation did not differ significantly from the control group and the groups supplemented with betaine. The diets did not significantly influence the mean values of the milk of sows first and second breeding cycle fatty acid profile. The diets did not affect any of the economic variables evaluated. Betaine supplementation in the diet in the final third of gestation and lactation did not affect the reproductive performance of sows, and the performance parameters of piglets. There was also no influence on the composition of milk at different stages of lactation. The substitution of methionine by betaine impaired reproductive performance of sows, since there was an increase in the weaning-to-estrus.

Keywords: pregnancy, lactation, sows, supplementation.

1 INTRODUÇÃO

A nutrição de fêmeas suínas tem evoluído consideravelmente nos últimos anos, e isso se deve ao aumento da produtividade das matrizes devido ao manejo, avanços genéticos e seleção baseada em parâmetros, tais como tamanho de leitegada, intervalo desmame-estro e eficiência na lactação (Silva *et al.*, 2010). Embora os avanços genéticos tenham tornado as fêmeas mais produtivas, elas são mais exigentes nutricionalmente e menos resistentes aos desafios nutricionais, principalmente em condições de estresse calórico, típico nos países tropicais. Como consequência, essas matrizes têm forte tendência de redução no escore corporal, o que resulta em falhas reprodutivas e redução da produtividade durante sua vida útil (Fontes *et al.*, 2011). Essa situação é mais evidenciada em matrizes de primeiro parto, pois além de possuírem menores reservas corporais e reduzida capacidade de consumo, ainda possuem necessidades nutricionais significativas para o crescimento (Kemp, *et al.*, 2004).

Diante da alta demanda nutricional das fêmeas suínas em primeira e segunda lactação e das restrições em relação ao consumo muitas vezes observado, o uso de ferramentas nutricionais que potencializem a utilização energética da ração apresenta-se como alternativa na busca por maior longevidade das fêmeas em vida reprodutiva.

Nesse sentido a betaína natural é um aditivo extraído da beterraba, que atua ao mesmo tempo como osmolito, diminuindo a demanda energética do suíno para manter uma adequada hidratação celular, o correto equilíbrio iônico, bem como doador de grupos metil. Esta forma de atuar da betaína promove uma economia de energia de manutenção para o suíno além de uma menor necessidade de doadores de grupos metil, tais como a metionina e a colina (Arantzamendi *et al.*, 2006). Dessa forma a eficiência da betaína na alimentação dos suínos é cada vez mais evidente, já que permite uma maior utilização da energia contida na ração em outras funções que não seja as de manutenção (Arantzamendi *et al.*, 2006).

Encontra-se na literatura algumas pesquisas que relatam o efeito positivo da betaína sobre o desempenho de suínos em crescimento e terminação (Fernandez-Figares *et al.*, 2002; Ribeiro *et al.*, 2011). No entanto, diante da escassez de informações do uso de betaína em fêmeas suínas reprodutoras e seus efeitos sobre o desempenho reprodutivo das mesmas, objetivou-se avaliar a suplementação deste aditivo em rações para porcas de primeiro e segundo ciclo reprodutivo no terço final de gestação e na lactação, sobre o desempenho das fêmeas e dos leitões, composição do leite e avaliação econômica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, em uma granja comercial suinícola localizada na latitude sul 3°54'45,97" e longitude oeste 38°39'19,83", a uma altitude de 980 metros acima do nível do mar, no município de Maranguape/Ceará.

Foram utilizadas 72 matrizes suínas de mesma linhagem genética, sendo 36 fêmeas de primeiro ciclo reprodutivo e 36 fêmeas de segundo ciclo reprodutivo. Os animais foram distribuídos em um delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x3, sendo 2 ciclos reprodutivos e três rações em função da suplementação da betaína nas mesmas, sendo R0: ração controle; R1: ração contendo betaína substituindo em 50% da exigência para metionina; R2: ração controle com suplementação de 0,2% de produto comercial contendo betaína. Considerou-se a fêmea como unidade experimental, com 12 repetições por tratamento. As fêmeas de primeiro parto pesaram em média $171,77 \pm 7,54$ kg no início do experimento e as de segundo parto $203,17 \pm 13,31$ kg.

As rações foram formuladas para atender as exigências nutricionais mínimas de acordo com as recomendações da linhagem comercial TOPIGS® para fêmeas em gestação e lactação (Tabela 1 e 2, respectivamente), exceto para o nível de metionina da R1, reduzido em 50% da recomendação para este aminoácido. O período experimental foi de 51 dias, considerando o terço final de gestação (84° a 114° dias de gestação) e o período de lactação (21 dias).

As fêmeas no terço final de gestação (84° ao 109° dias de gestação) foram alojadas em galpões com gaiolas individuais, e no 110° dias de gestação foram transferidas para galpões de maternidade com celas parideiras individuais contendo comedouros e bebedouros para matrizes e leitões, além de abrigo escamoteador com fonte de calor. O galpão de gestação foi equipado com ventiladores e nebulizadores e o galpão de maternidade equipado com sistema de ventilação adiabática localizada.

As fêmeas de primeiro ciclo, no terço final de gestação (84° até o dia do parto) receberam 2,8 kg de ração pré-lactação por dia; já as fêmeas de segundo ciclo no mesmo período da gestação receberam 3,0 kg de ração pré-lactação por dia. A partir primeiro dia após o parto as fêmeas receberam ração à vontade fornecida em três refeições, sendo as quantidades e as sobras pesadas diariamente.

Foram medidos os pesos e as espessuras de toucinho das matrizes na entrada da maternidade (cinco dias antes da data prevista do parto) e ao desmame. A espessura de

toucinho foi medida no ponto P2, obtida a 6,5 cm da linha dorso-lombar e a 6,5 cm da última costela na direção cranial a profundidade de lombo.

Tabela 1 - Composição calculada e nutricional das dietas experimentais da fase de pré-lactação.

Ingredientes (%)	R0	R1	R2
Milho grão	60,390	60,390	60,390
Farelo de trigo	18,300	18,300	18,300
Farelo de soja 46	8,400	8,400	8,400
Soja integral extrusada	5,800	5,800	5,800
Farinha de carne 40%	5,500	5,500	5,500
Sal branco comum	0,500	0,500	0,500
DL- Metionina 99%	0,066	0,033	0,066
L-Lisina 78%	0,150	0,150	0,150
Treonina 98%	0,094	0,094	0,094
Suíno reprodução completo® ¹	0,400	0,400	0,400
Micromin suínos® ²	0,050	0,050	0,050
Suicopper® ³	0,150	0,150	0,150
Inerte ⁴	0,200	0,033	-
Betafin® S1 96%	-	0,200	0,200
Total	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional e energetica			
Energia metabolizável suínos (kcal/kg)	3150	3150	3150
Proteína (%)	16,20	16,20	16,20
Fibra bruta (%)	3,76	3,76	3,76
Extrato etéreo (%)	5,01	5,01	5,01
Cálcio (%)	0,85	0,85	0,85
Fósforo digestível (%)	0,45	0,45	0,45
Lisina digestível (%)	0,70	0,70	0,70
Metionina + cistina digestível (%)	0,49	0,24	0,49
Treonina digestível (%)	0,53	0,53	0,53
Triptofano digestível (%)	0,13	0,13	0,13

1 Suíno reprodução completo®: vitamina A (1193000 UI/kg), vitamina D3 (191000 UI/kg), vitamina E (5625 mg), vitamina K3 (338 mg), vitamina B1 (180 mg), vitamina B 2 (900 mg), vitamina B6 (338 mg), vitamina B 12 (4050 mcg), ácido fólico (270 mg), ácido pantotênico (2475 mg), niacina (5625 mg), biotina (23 mg), colina(19518 mg), aditivo antioxidante (170 mg), selênio (68 mg), promotor de crescimento (3800mg);

2 Micromin suíno®: manganês (27.000 mg), zinco (144.000 mg), ferro (99.000 mg), cobre (14.400 mg), iodo (540 mg);

3 Suicopper®: manganês (900mg), zinco (31500 mg), ferro (31500), cobre (112500 mg).

4 Inerte: areia

Tabela 2 -. Composição calculada e nutricional das dietas experimentais da fase lactação.

Ingredientes (%)	R0	R1	R2
Milho grão	55,752	55,752	55,752
Farelo de soja 46	19,100	19,100	19,100
Soja integral extrusada	12,700	12,700	12,700
Farinha de carne 40%	5,900	5,900	5,900
Açúcar cristal	5,000	5,000	5,000
Sal branco comum	0,500	0,500	0,500
DL- Metionina 99%	0,058	0,029	0,058
L-Lisina 78%	0,180	0,180	0,180
Treonina 98%	0,060	0,060	0,060
Suíno reprodução completo® ¹	0,400	0,400	0,400
Micromin suínos® ²	0,050	0,050	0,050
Suicopper® ³	0,100	0,100	0,100
Inerte ⁴	0,200	0,029	-
Betafin® S1 96%	-	0,200	0,200
Total	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional e energética			
Energia metabolizável suínos (kcal/kg)	3400	3400	3400
Proteína (%)	20,70	20,70	20,70
Fibra bruta (%)	3,02	3,02	3,02
Extrato etéreo (%)	5,81	5,81	5,81
Cálcio (%)	0,92	0,92	0,92
Fósforo disponível (%)	0,45	0,45	0,45
Lisina digestível (%)	1,05	1,05	1,05
Metionina + cistina digestível (%)	0,58	0,29	0,58
Treonina digestível (%)	0,68	0,68	0,68
Triptofano digestível (%)	0,19	0,19	0,19

1 Suíno reprodução completo®: vitamina A (1193000 UI/kg), vitamina D3 (191000 UI/kg), vitamina E (5625 mg), vitamina K3 (338 mg), vitamina B1 (180 mg), vitamina B 2 (900 mg), vitamina B6 (338 mg), vitamina B 12 (4050 mcg), ácido fólico (270 mg), ácido pantotênico (2475 mg), niacina (5625 mg), biotina (23 mg), colina(19518 mg), aditivo antioxidante (170 mg), selênio (68 mg), promotor de crescimento (3800mg);

2 Micromin suíno®: manganês (27.000 mg), zinco (144.000 mg), ferro (99.000 mg), cobre (14.400 mg), iodo (540 mg);

3 Suicopper®: manganês (900mg), zinco (31500 mg), ferro (31500), cobre (112500 mg).

4 Inerte: areia

Durante os partos foram registrados os números de leitões nascidos vivos, natimortos e mumificados. Os leitões foram identificados individualmente com brincos e pesados ao nascimento e ao desmame. As uniformizações das leitegadas foram realizadas entre leitões de fêmeas de mesmo tratamento até o terceiro dia de vida dos leitões, de forma a manter 12 leitões por porca.

Ao nascerem, os leitões foram secados com pó secante e foi feito a amarração e corte do cordão umbilical com posterior desinfecção com solução de iodo a 5%. Logo após, foram colocados junto à fêmea para mamar o colostro. Após o término do parto, foi realizado o manejo de desgaste dos dentes com pedra porosa rotativa e o corte do terço final da cauda com termocauterizador. Os leitões receberam medicação preventiva contra coccidiose no

terceiro dia pós parto, via oral e 200 mg (2 ml) de ferro dextrano via intramuscular. A castração dos machos foi realizada no 7º dia após o nascimento. Com sete dias, os leitões começaram a receber ração pré-inicial até o desmame.

Para se obter a característica intervalo desmame-cio, foi utilizado as datas do desmame e a data da manifestação do cio no ciclo subsequente.

Para avaliar a composição dos constituintes do leite (proteína total, triglicérides e perfil de ácidos graxos), a coleta foi realizada após o parto, aos 7, 14 e 21 dias de lactação, sendo usados 10 UI de ocitocina injetável, na veia auricular, e aproximadamente 80 ml de leite foram colhidos, durante a ordenha manual das tetas funcionais de cada fêmea sendo homogeneizado e armazenado à temperatura de -20°C para análises subsequentes.

As análises de proteína total e triglicérides do leite foram realizadas no Laboratório de Reprodução Animal (LERA) da Universidade Federal do Ceará. Para análise de proteínas totais foi utilizado teste colorimétrico utilizando-se o kit da Labtest Diagnóstica S.A. (Ref.: 99), bem como para análise dos triglicérides também foi usado o teste colorimétrico com o kit da Labtest diagnóstica S.A. (ref.: 87).

Na análise de perfil de ácidos graxos, os lipídeos foram determinados pelo método de Folch *et al.* (1957), utilizando aproximadamente 2 ml de amostra de leite das porcas e sendo extraídos através da utilização de clorofórmio e metanol (2:1). Toda essa etapa foi realizada no Laboratório de Físico-Química de Alimento do Centro de Ciência Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

A preparação dos extratos foi realizada de acordo Hartman e Lago (1973). Tomou-se uma alíquota de 5 ml, e adicionou-se 4 ml da solução de hidróxido de potássio. Foi colocada a mistura de KOH+extrato lipídico para aquecer em refluxo e agitou-se. Após 4 minutos, 7,5 mL da solução de esterificação (cloreto de amônio e álcool metílico). Após lavagens com éter etílico e água destilada, esperou-se separar as fases e desprezou-se a fase inferior (aquosa). O conteúdo do funil foi filtrado com papel de filtro contendo sulfato de sódio anidro. O frasco foi deixado aberto para evaporar a mistura de solventes. Quando seco, acrescentou-se 1 ml de hexano, fechou-se o vidro com batoque e tampa rosqueada e armazenado sob congelamento a -4°C.

Os extratos esterificados foram encaminhados para o Laboratório de Cromatografia Instrumental, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Campus de Recife, para determinação do perfil de ácidos graxos, por meio de cromatografia gasosa.

As amostras transmetiladas foram analisadas em Cromatógrafo a Gás (CG-MASTER) equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar Hp Innowax (30m x 0,25mm x 0,25 µm), injetando-se uma alíquota de 1 µL do extrato esterificado e a identificação dos ácidos graxos foi feita pela comparação dos tempos de retenção e as percentagens dos ácidos graxos foram calculados mediante o software – Peaksimple (SRI Instruments – USA). Os ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e os resultados foram expressos em percentual de área (%).

Os metil ésteres dos ácidos graxos mais abundantes foram identificados por comparação com os tempos de retenção dos padrões de ésteres metílicos dos ácidos graxos C-12 a C-20. Estes padrões estavam compostos pelos ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), palmitoléico (C16:1), esteárico (C18:0), oléico (C18:1), linoleico (C18:2), linolênico (C18:3). A quantificação dos ácidos graxos presentes no leite das porcas foi calculada mediante a porcentagem da área de cada pico correspondente ao ácido graxo identificado pelos padrões.

A partir dos valores percentuais dos ácidos graxos foi calculada a relação de ácidos graxos poli-insaturados/saturados. Para tal, os ácidos graxos poli-insaturados utilizados foram o linoleico e o linolênico e os ácidos graxos saturados foram: o láurico, mirístico, palmítico e esteárico.

Para obtenção dos dados econômicos foram realizadas as seguintes análises, a partir dos custos dos insumos para produção das rações experimentais (Tabela 3).

- Custo de alimentação da fêmea, obtido a partir do consumo de ração por porca multiplicado pelo custo da ração;
- Custo de alimentação da fêmea por quilograma de leitão desmamado, sendo o custo de alimentação por porca dividido pelo peso da leitegada ao desmame;
- Receita bruta parcial por leitão, considerando o peso médio do leitão por porca multiplicado por R\$ 12,50;
- Receita líquida parcial por leitão, considerando a receita bruta parcial por leitão subtraindo o custo de alimentação por leitão.

Os dados foram submetidos à análise de variância e analisados utilizando o procedimento PROC GLM do programa estatístico SAS (1998), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Tabela 3 - Preço dos insumos das dietas experimentais.

Insumos	R\$/kg
Milho em grãos	0,55
Farelo de soja 46%	1,18
Soja integral extrusada	1,40
Farelo de trigo	0,45
Farinha de carne 40%	0,95
Açúcar cristal	1,60
Sal branco comum	0,16
DL- metionina 99%	14,50
L- lisina 78%	4,87
Treonina 98%	9,33
Suíno reprodução completo® ¹	6,97
Micromin suínos® ²	4,37
Suicopper® ³	6,49
Betafin® S1 96%	12,19

1 Suíno reprodução completo®: vitamina A (1193000 UI/kg), vitamina D3 (191000 UI/kg), vitamina E (5625 mg), vitamina K3 (338 mg), vitamina B1 (180 mg), vitamina B 2 (900 mg), vitamina B6 (338 mg), vitamina B 12 (4050 mcg), ácido fólico (270 mg), ácido pantotênico (2475 mg), niacina (5625 mg), biotina (23 mg), colina(19518 mg), aditivo antioxidante (170 mg), selênio (68 mg), promotor de crescimento (3800mg);

2 Micromin suíno®: manganês (27.000 mg), zinco (144.000 mg), ferro (99.000 mg), cobre (14.400 mg), iodo (540 mg);

3 Suicopper®: manganês (900mg), Zinco (31500 mg), ferro (31500), cobre (112500 mg).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes às variáveis das reprodutoras se encontram na Tabela 4. As variáveis de peso ao parto (PP) e peso ao desmame (PD) diferiram significativamente em função da ordem do parto, mas não em decorrência dos tratamentos, resultado este, que está diretamente relacionado ao maior desenvolvimento corporal de fêmeas de segundo ciclo em relação às fêmeas de primeiro parto.

Tabela 4 - Peso ao parto, espessura de toucinho ao parto, peso ao desmame, espessura de toucinho ao desmame, intervalo desmame cio e consumo de ração de porcas de primeiro e segundo ciclo reprodutivo em função das formas de suplementação com betaína na ração.

Variável	Ração			Ciclo		CV(%)	Efeito		
	R0	R1	R2	1°	2°		R	C	RxC
PP	214,20	216,46	216,95	202,11b	231,64a	6,89	NS	*	NS
ETP	14,91	14,89	15,20	15,05	14,95	10,90	NS	NS	NS
PD	187,54	187,20	181,37	171,33b	199,41a	10,83	NS	*	NS
ETD	12,79	12,91	12,50	12,77	12,69	13,92	NS	NS	NS
IDC	4,51b	6,57a	4,60b	5,57	4,88	57,90	*	NS	NS
CR	4,57	4,42	4,30	4,33	4,53	16,30	NS	NS	NS

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. CV: coeficiente de variação, R0: ração controle, R1: ração contendo betaína substituindo em 50% da exigência para metionina exigida, R2: ração controle com suplementação de 0,2% de produto comercial contendo betaína, R: ração, C: ciclo, PP: peso ao parto, ETP: espessura de toucinho ao parto, PD: peso ao desmame, ETD: espessura de toucinho ao desmame, IDC: intervalo desmame-cio, CR: consumo de ração, NS: não significativo e *: significativo.

Quanto à espessura de toucinho ao parto (ETP), espessura de toucinho ao desmame (ETD) e consumo de ração (CR), estes não diferiram significativamente. Observou-se diferença entre as rações para o intervalo desmame-cio (IDC) das fêmeas, sendo maior para aquelas alimentadas com substituição em 50% de metionina pela betaína na ração. Tal diferença pode ser explicada pela redução do nível de metionina o que pode causar redução no desempenho animal. Segundo Jones & Stahly (1999), quando fêmeas não recebem quantidades adequadas de aminoácidos na dieta, proteínas do tecido materno, particularmente, proteínas musculares esqueléticas, são mobilizadas para atender à produção de leite. Conseqüentemente, a mobilização excessiva de proteína materna, geralmente, resulta em falhas na atividade reprodutiva subsequente.

Ramis *et al.* (2011), ao suplementarem com betaína rações de porcas de 1ª e 2ª ordem de parto, cinco dias antes da data prevista do parto e durante todo período de lactação, encontraram resultados semelhantes para as variáveis ETD, PD, observando uma melhora de 19% para o IDC de fêmeas suplementadas com betaína. Os mesmos autores notaram ainda que porcas consumindo ração suplementada com betaína apresentaram menor consumo, embora não havendo diferença entre ciclos reprodutivos, sugerindo o melhor aproveitamento da energia e dos nutrientes mobilizados durante a lactação, ou, possivelmente o uso mais eficiente dos recursos alimentares nutricionais.

O peso médio de nascimento do leitão (PMN) diferiu significativamente em função da ordem do parto (Tabela 5), mas não em decorrência das rações, corroborando com os resultados obtidos por Lima *et al.* (2004), que observaram aumento crescente no peso corporal das porcas, bem como aumento gradativo no peso médio do leitão em função das ordens de parto. Estes resultados podem estar relacionados à capacidade corporal das fêmeas de ordem de parto mais elevadas em manter uma gestação com melhor nutrição dos fetos, principalmente devido ao desenvolvimento uterino das mesmas, com placentas mais pesadas, que potencializam a nutrição placentária.

Tabela 5 - Peso médio da leitegada ao nascimento, peso médio do leitão ao nascimento, peso médio da leitegada ao desmame e peso médio do leitão ao desmame de porcas de primeiro e segundo ciclo reprodutivo em função das formas de suplementação com betaína na ração.

Variável	Ração			Ciclo		CV(%)	Efeito		
	R0	R1	R2	1°	2°		R	C	RxC
PMNL	16,43	14,77	15,36	15,39	15,66	23,85	NS	NS	NS
PMN	1,21	1,27	1,22	1,17b	1,29a	14,56	NS	*	NS
PMLD	55,29	55,22	53,50	51,35b	57,99a	14,86	NS	*	NS
PMD	4,92	5,14	4,85	4,66b	5,28a	14,08	NS	*	NS

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. CV: coeficiente de variação, R: ração, C: ciclo, PMLN: peso médio da leitegada ao nascimento, PMN: peso médio do leitão ao nascimento, PMLD: peso médio da leitegada ao desmame, PMD: peso médio do leitão ao desmame, NS: não significativo e *: significativo a 5% de probabilidade.

Os resultados encontrados no presente trabalho discordam dos obtidos por van Wettere *et al.* (2012), onde notaram que fêmeas gestantes alimentadas com ração contendo betaína obtiveram peso de leitegadas ao nascimento superiores em comparação a fêmeas não suplementadas. Segundo Huang *et al.* (2007) a suplementação de betaína aumenta os níveis

basais do hormônio de crescimento (GH), o qual atua na melhoria da transferência de nutrientes via placenta para os fetos (Rehfeldt *et al.*, 2001; Gatford *et al.*, 2009).

Fêmeas de 2º parto desmamaram leitegadas mais pesadas em relação a fêmeas de 1ª ordem de parto. Esses resultados concordam com os apresentados por Lima *et al.* (2004) e Bianchi *et al.* (2006), sendo observado por estes autores que o menor peso do leitão ao nascimento resultou em leitões mais leves por todo período de lactação.

Resultados apresentados por Ramis *et al.* (2011) mostraram efeito positivo no peso de leitegadas ao desmame de fêmeas suplementadas com betaína na ração. Os autores justificaram o resultado pela possível ação da betaína como osmolito orgânico que pode diminuir a demanda energética dos leitões para manutenção, resultando em economia de energia, além de auxiliar a melhoria da função intestinal e na digestibilidade dos nutrientes. Assim, em leitões a betaína suplementada na ração da fêmea e secretada no leite poderia alterar a retenção de água pelas células musculares, podendo aumentar o peso total do corpo, o que não foi observado nesse estudo visto que o fator ração não influenciou estatisticamente o PMLN, PMN, PMLD e PMD.

Na tabela 6 estão apresentados os valores médios das variáveis nascidos totais, nascidos vivos, natimortos, mumificados, mortalidade e desmamados, não sendo observado diferenças significativas para nenhuma das variáveis. Ramis *et al.* (2011) e Van Wettere *et al.* (2012) diferentemente da presente pesquisa, observaram um aumento no número de NT, NV, DESM e uma diminuição no número de NAT de fêmeas suínas suplementadas com betaína na ração. Os autores justificam tais resultados devido uma redução dos níveis de homocisteína, a qual se for encontrada em níveis elevados podem causar perda gestacional e um prejuízo no desenvolvimento dos fetos (Holmes, 2003; Di Simone *et al.*, 2004; Matte *et al.*, 2006 e Ikeda *et al.*, 2010). Além disso, a homocisteína inibe a conversão de retinol para ácido retinóico (Limpach *et al.*, 2000), prejudicando o transporte placentário de aminoácidos (Jansson, 2009). Dessa forma a suplementação com betaína na dieta reduziria os níveis de homocisteína promovendo o crescimento e a maturação dos conceptos menos desenvolvidos permitindo uma maior sobrevivência até o parto.

Tabela 6 – Leitões nascidos totais, nascidos vivos, natimortos, mumificados, mortalidade e desmamados de porcas de primeiro e segundo ciclo reprodutivo em função das formas de suplementação com betaína na ração.

Variável	Ração			Ciclo		CV%	Efeito		
	R0	R1	R2	1°	2°		R	C	RxC
NT	14,45	12,95	13,00	13,83	13,13	20,93	NS	NS	NS
NV	13,58	11,76	12,36	13,13	12,08	22,65	NS	NS	NS
NAT	0,12	0,56	0,33	0,16	0,50	23,84	NS	NS	NS
MM	0,74	0,66	0,30	0,55	0,55	20,78	NS	NS	NS
MORT	0,95	0,78	0,73	0,77	0,88	12,75	NS	NS	NS
DESM	11,20	10,62	11,04	11,05	10,88	7,87	NS	NS	NS

CV: coeficiente de variação, NT: nascidos totais, NV: nascidos vivos, NAT: natimorto, MM: mumificados, MORT: mortalidade, DESM: desmamados, R0: ração controle, R1: ração contendo betaína substituindo em 50% da exigência para metionina exigida, R2: ração controle com suplementação de 0,2% de produto comercial contendo betaína, R: ração, C: ciclo, RxC: ração x ciclo, NS: não significativo.

Para os resultados referentes ao teor de proteína total (Tabela 7) e triglicérides do leite (Tabela 8) nos diferentes estágios de lactação, não foi observado efeito das rações, bem como dos períodos avaliados, 1° ou 2° ciclos reprodutivos. Desta forma, estes resultados podem estar relacionados com o nível semelhante de proteína e gordura contidas nas rações das porcas. De acordo com Jones & Stahly (1999), o consumo de alimento com diferentes níveis proteicos podem afetar diretamente os níveis de proteína do leite de porcas em lactação, no entanto, no presente estudo, a redução no nível de metionina na ração R1 não afetou a composição do leite, em função da capacidade da fêmea em mobilizar reservas corporais para a manutenção dos teores de proteína e gordura láctea. Da mesma forma, Gungali *et al.* (1971) observaram que reduções no nível de metionina na dieta de porcas não resultou em decréscimo na produção e teor de proteína no leite, embora tenha sido observado efeito linear decrescente sobre o peso corporal e o balanço de nitrogênio.

Tabela 7 - Proteína Total (g/dl) do leite nos diferentes estágios de lactação de porcas de 1° e 2° ciclo reprodutivo em função das formas de suplementação com betaína na ração.

Período	Ração			Ciclo		CV%	Efeito		
	R0	R1	R2	1°	2°		R	C	RxC
Colostro	30,64a	30,72a	30,71a	31,02a	30,37a	4,52	NS	NS	NS
7 dias	25,45b	25,77b	25,55b	25,21b	25,84b	12,36	NS	NS	*
14 dias	25,02b	24,69b	25,62b	24,63b	25,54b	17,83	NS	NS	NS
21 dias	19,37c	20,20c	20,75c	20,68c	19,58c	25,95	NS	NS	NS

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. CV: coeficiente de variação, R0: ração controle, R1: ração contendo betaína substituindo em 50% da exigência para metionina exigida, R2: ração controle com suplementação de 0,2% de produto comercial contendo betaína, R: ração, C: ciclo, RxC: ração x ciclo R: ração, C: ciclo, NS: não significativo e *: significativo.

Embora tenha sido observado interação entre rações e ciclos para proteína total do leite aos 7 dias de lactação a mesma não foi detectada no teste de média a 5% de significância.

Tabela 8 - Triglicérides (mg/dl) do leite nos diferentes estágios de lactação de porcas de 1° e 2° ciclo reprodutivo em função das formas de suplementação com betaína na ração.

Período	Ração			Ciclo		CV%	Efeito		
	R0	R1	R2	1°	2°		R	C	RxC
Colostro	1186,57a	1165,15a	1188,24a	1188,24	1180,43	8,24	NS	NS	NS
7 dias	1050,54ab	1067,12ab	1050,80ab	1050,80	1073,02	13,32	NS	NS	NS
14 dias	886,49b	936,31b	915,64b	915,64	921,20	14,99	NS	NS	NS
21 dias	968,51b	1001,72b	983,22b	983,22	997,11	10,42	NS	NS	NS

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. CV: coeficiente de variação, R0: ração controle, R1: ração contendo betaína substituindo em 50% da exigência para metionina exigida, R2: ração controle com suplementação de 0,2% de produto comercial contendo betaína, R: ração, C: ciclo, RxC: ração x ciclo R: ração, C: ciclo, NS: não significativo e *: significativo.

Na tabela 9 estão apresentados os valores médios do perfil de ácidos graxos do leite de porcas de primeiro e segundo ciclo de reprodução. Verificou-se que não houve interação significativa entre os fatores, rações e semanas de lactação. Também observou-se que as rações não influenciaram significativamente as variáveis em estudo. As semanas de lactação não influenciaram os níveis dos ácidos láurico, esteárico e oleico, no entanto, houve diferença significativa para os ácidos mirístico, palmítico e palmitoléico com menores valores para a primeira semana de lactação. Para os ácidos linoleico e linolênico, observou-se valores superiores na primeira semana de lactação. Ramis *et al.* (2011) avaliaram suplementação da betaína na ração e os seus efeitos na qualidade do leite de fêmeas suínas de primeiro e segundo ciclo reprodutivo e também verificaram que a inclusão da betaína em rações para porcas em lactação não influenciou o perfil dos ácidos graxos.

Quanto ao efeito da semana de lactação, resultados semelhantes ao deste estudo foram encontrados por Bee (2000), ao avaliar o efeito da adição do ácido linoleico conjugado sobre a composição do leite de porcas em lactação, verificando que houve uma redução dos níveis dos ácidos mirístico, palmítico e palmitoléico a partir da segunda semana, assim como um aumento do ácido linoleico. Ptersen e Opstvedt (1991) e Fritsche *et al.* (1993) relataram que independente da dieta fornecida as fêmeas suínas lactantes, o colostro tem um percentagem maior de ácidos graxos poli-insaturados e menor de ácidos graxos saturados. De acordo com Correia (2001) e Gaete e Atalah (2003) o lactente após o nascimento é incapaz de sintetizar os ácidos graxos poli-insaturados em função de sua imaturidade hepática e, portanto a placenta é substituída pelo leite materno como meio de oferta desses ácidos graxos.

Tabela 9 - Perfil de ácidos graxos do leite de porcas (g/100g) de primeiro e segundo ciclo reprodutivo alimentadas com rações com diferentes formas de suplementação de betaína, em função das semanas de lactação.

Ácidos graxos	Rações												CV%	Efeito		
	R0	R1	R2	R0	R1	R2	R0	R1	R2	R0	R1	R2		R	S	RxS
	Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4						
Saturados																
C12:0 (Láurico)	0,57	0,52	0,56	0,62	0,61	0,63	0,65	0,66	0,67	0,69	0,69	0,68	1,32	NS	NS	NS
C14:0 (Mirístico)	2,39a	2,35a	2,40a	4,89b	4,85b	4,88b	4,72b	4,68b	4,70b	4,68b	4,66b	4,70b	2,01	NS	*	NS
C16:0 (Palmítico)	23,70a	23,60a	23,68a	33,48b	33,25b	33,55b	32,68b	32,70b	32,71b	32,0b	31,89b	32,05b	3,57	NS	*	NS
C18:0 (Esteárico)	7,56	7,48	7,50	6,57	6,60	6,70	6,21	6,32	6,22	6,01	5,99	5,98	2,78	NS	NS	NS
Monoinsaturados																
C16:1n7 (Palmitoléico)	4,51a	4,22a	4,37a	6,89b	7,01b	7,02b	6,89b	6,52b	6,78b	6,01b	5,99b	5,89b	2,93	NS	*	NS
C18:1n9 (Oléico)	33,51	33,02	33,05	27,58	27,56	27,80	29,88	28,56	28,75	28,11	28,00	28,03	4,58	NS	NS	NS
Poli-insaturados																
C18:2n6 (Linoleico)	24,95b	23,98b	24,06b	18,58a	18,02a	18,65a	16,78a	17,01a	17,35a	16,02a	15,88a	15,89a	3,28	NS	*	NS
C18:3n3 (Linolênico)	1,68b	1,55b	1,79b	0,69a	0,70a	0,70a	0,50a	0,51a	0,55a	0,51a	0,52a	0,57a	1,01	NS	*	NS
Total																
Saturados	34,22a	33,95a	34,14a	45,56b	45,31b	45,76b	44,26b	44,36b	44,30b	43,38b	43,23b	43,41b	6,58	NS	*	NS
Monoinsaturados	38,02	37,24	37,42	34,47	34,57	34,82	36,77	35,08	35,53	34,12	33,99	33,92	5,89	NS	NS	NS
Poli-insaturados	26,63b	25,53b	25,85b	19,27a	18,72a	19,35a	17,28a	17,52a	17,92a	16,53a	16,42a	16,46a	5,01	NS	*	NS

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação, R0: ração controle, R1: ração contendo betaína substituindo em 50% da exigência para metionina exigida, R2: ração controle com suplementação de 0,2% de produto comercial contendo betaína, R: ração, S: semana, RxS: ração x semana, NS: não significativo e *: significativo.

Os resultados referentes à análise econômica do uso da betaina em rações para porcas de 1º e 2º ciclo reprodutivo estão apresentados na tabela 10. Embora tenha sido observado interação entre os efeito de rações e ciclos para o custo da alimentação por fêmea, não foi detectada diferença pelo teste de Tukey a 5% de significância. As rações não influenciaram nenhuma das variáveis econômicas avaliadas. Por outro lado, o ciclo reprodutivo influenciou o custo da alimentação/kg leitão, com maiores valores obtidos para leitões de porcas de 1ºciclo. Foi obtido maior receita bruta e líquida parcial por leitão de porcas no segundo ciclo de produção, estando relacionado ao maior peso dos leitões destas. Outros autores (Lima *et al.*, 2004; Bianchi *et al.*, 2006) também evidenciaram que porcas de primeiro parto produziram leitegadas mais leves quando comparadas com aquelas de ciclos posteriores, devido a algumas características relacionadas ao desenvolvimento e maturação do aparelho reprodutivo e consequente eficiência nutricional dos leitões.

Tabela 10 - Análise econômica do uso da betaína em rações de porcas de 1º e 2º ciclo reprodutivo.

Variável	Ração			Ciclo		CV	Efeito		
	R0	R1	R2	1º	2º		R	C	RxC
CA/porca R\$	371,19	370,58	366,38	365,54	371,85	7,76	NS	NS	*
CA/kg leitão R\$	6,95	6,85	6,97	7,25a	6,59b	17,80	NS	*	NS
RBP	66,56	70,47	65,28	63,01b	71,49a	13,70	NS	*	NS
RLP	33,31	35,29	31,97	29,76b	37,17a	28,54	NS	*	NS

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. CV: coeficiente de variação, CA/porca (R\$): custo da alimentação da fêmea, CA/kg de leitão (R\$): custo da alimentação da fêmea por kg de leitão produzido, RBP: receita bruta parcial, RLP: receita líquida parcial, R0: ração controle, R1: ração contendo betaína substituindo em 50% da exigência para metionina exigida, R2: ração controle com suplementação de 0,2% de produto comercial contendo betaína, R: ração, C: ciclo, RxC: ração x ciclo NS: não significativo e *: significativo.

4 CONCLUSÃO

As duas formas de inclusão da betaína em rações para porcas não resultou em melhora no desempenho de porcas e leitões, bem como sobre a viabilidade econômica do aditivo e composição do leite nos diferentes estágios de lactação. No entanto, a substituição da metionina pela betaína em rações de porcas de primeiro e segundo ciclo reprodutivo aumentou o IDC.

REFERÊNCIAS

- ARANTZAMENDI, L.; DURAN, R.; BLANC, A. Uso de Betafin en alimentacion porcina: donante de grupos metilo y osmolito. *Revista anaporc, madrid*, V. 3, n. 26, p. 68-72, 2006.
- BEE, G. Dietary conjugated linoleic acids alter adipose tissue and milk lipids of pregnant and lactating sows. **The journal of nutrition**, v.130, p.2292-2298, 2000.
- BIANCHI, I.; DESCHAMPS, J.C.; JUNIOR, T.L. et al. Fatores de riscos associados ao desempenho de fêmeas suínas de primeiro e segundo partos durante a lactação. *Revista Bras. Agrocência, Pelotas*, V. 12, n. 3, p. 351 – 355, jul – set, 2006.
- CORREIA, V. Deficiência de ácidos grasos esenciales en el feto en el recién nacido prétermico. **Revista Cubana de Pediatria**. v.73, p.43-50, 2001.
- DI SIMONE, N., RICCARDI, P., MAGGIANO, N., PIACENTANI, A., D'ASTA, M., CAPELLI, A., CARUSO, A., **Effect of folic acid on homocysteine-induced trophoblast apoptosis**. *Mol. Human Reprod*. v.10, p.665–669, 2004.
- FERNANDEZ-FIGARES, I.; WRAY-CAHEN, D.; STEELE, N. C.; CAMPBELL, R. G.; HALL, D. D.; VIRTANEN, E.; CAPERNA, T. J. Effect of dietary betaine on nutrient utilization and partitioning in the young growing feed-restricted pig. **Journal of Animal Science**, v. 80, p.421–428, 2002
- FONTES, D. O.; SOUZA, L. P. O.; FERNANDES, I. S.; **Novos enfoques na nutrição de reprodutoras no terço final de gestação**. XV Congresso brasileiro de veterinários especialistas em suínos – ABRAVES, 15.: 2011: Fortaleza, CE. Anais, Fortaleza: ABRAVES, 2011.
- FRITSCHKE, K. L., HUANG, S. C. & CASSITY, N. A. Enrichment of omega-3 fatty acids in suckling pigs by maternal dietary fish oil supplementation. *Journal of Animal Science*. v. 71, p. 1841–1847, 1993.
- GAETE M.G.; ATALAH E.S. Niveles de LC-PUFA n-3 en la leche materna después de incentivar el consumo de alimentos marinos. **Revista Chilena Pediatria**.; 74: p.158-65, 2003.
- GANGULI, M. C.; SPEER, V.C.; EWAN, R.C.; ZIMMERMAN, D.R. Sulfur Amino Acid requirement of lactating sow. **Journal of Animal Science**, v. 33, p.394-400, 1971.
- GATFORD, K.L.; DE BLASIO, M.J.; ROBERTS, C.T. et al. Responses to maternal GH or ractopamine during early-mid pregnancy are similar in primiparous and multiparous pregnant pigs. **Journal of Endocrinology**, v. 203, p.143–154, 2009
- HOLMES, V.A., **Changes in haemostasis during normal pregnancy: does homocysteine play a role in maintaining homeostasis?** *Proc. Nutr. Soc.* v.62, p.479–493, 2003.
- HUANG, Q.C.; XU, Z.R.; HAN, X.Y.; LI, W.F. Effect of betaine on growth hormone pulsatile secretion and serum metabolites in finishing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 91, p.85–90, 2007.

IKEDA, S., NAMEKAWA, T., SUGIMOTO, M., KUME, S.I. Expression of methylation pathway enzymes in bovine oocytes and preimplantation embryos. **J. Exp. Zool.** 313A, p. 129-136, 2010.

JANSSON, T., 2009. Novel mechanism causing restricted fetal growth: does maternal homocysteine impair placental amino acid transport. **Journal. Physiology.** 587.17, 4123.

JONES, D.B.; STAHLY, T.S. Impact of amino acid nutrition during lactation on body nutrient mobilization and milk nutrient output in primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1513-1522, 1999.

KEMP B. & SOEDE N.M. 2004. **Reproductive problems in primiparous sows.** In: Proceedings of the 18th International Pig Veterinary Society Congress (Hamburg, Germany). pp.843-848.

KLOBASA, F.; WERHAHN, E.; BUTLER, J.E. Composition of sow milk during lactation. **Journal of Animal Science**, v.64, p. 1458-1466, 1987.

LIMA, K. R. S.; FERREIRA, A. S.; DONZELE, J. L. et al. Desempenho de porcas alimentadas durante a gestação, do primeiro ao terceiro, com rações com diferentes níveis de proteína bruta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 5, p. 1999 – 2006, 2006.

LIMPACH, A., DALTON, M., MILES, R., GADSON, P. **Homocysteine inhibits retinoic acid synthesis: a mechanism for homocysteine-induced congenital defects.** *Exp. Cell Res.* v.260, p. 166–174, 2000.

MATTE, J.J., GUAY, F., GIRARD, C.L. Folic acid and vitamin B12 in reproducing sows: new concepts. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 197-205, 2006.

NELSON, D. L. & COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger.** Porto Alegre: Artmed, 1272p. 2002.

PETTERSEN, J. & OPSTVEDT, J. *Trans fatty acids.* 4. **Effects on fatty acid composition of colostrum and milk.** *Lipids* v. 26,p. 711–717, 1991.

RAMIS, G.; EVANGELISTA, J. N. B.; QUEREDA, J. J. et al. Use of betaine in gilts and sows during lactation: effects on milk quality, reproductive parameters, and piglet performance. **Journal of Swine Health and Production.** 2011; 19 (4): 226 – 232.

REHFELDT, C., KUHN, G., NURNBERG, G. et al. Effects of exogenous somatotropin during early gestation on maternal performance, fetal growth, and compositional traits in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1789–1799, 2001.

RIBEIRO, P. R.; KRONKA, R.N.; THOMAZ, M.C.; HANNAS, M.I.; TUCCI, F.M.; SCANDOLERA, A.J.; BUDIÑO, F.E.L. Diferentes níveis de betaína sobre incidência de diarreia, desempenho, características de carcaça e parâmetros sanguíneos de suínos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 48, n. 4, p. 299-306, 2011.

SILVA, B. A. N. Nutrição de fêmeas de alta performance reprodutiva nos trópicos. **Revista Suíno & Cia**, Campinas, v. 37, p. 10-35, 2010.

VAN WETTERE W.H.E.J.; HERDE P.; HUGHES, P.E. Supplementing sow gestation diets with betaine during summer increases litter size of sows with greater numbers of parities. **Animal Reproduction Science**, v.132, p. 44-49, 2012.